Journal of Horticultural Science
https://jhs.um.ac.ir





Research Article
Vol. 36, No. 4, Winter 2023, p. 735-745



Investigation of the Effect of Tree Trunk Girdling Time on Severity of Splitting and Quantitative and Qualitative Characteristics of Two Pomegranate Fruit Cultivars

S.F. Motevalian[1], B. Abedy [2]*, Y. Selahvarzi[3], A. Tehranifar [4]

Received: 29-03-2020 Revised: 12-09-2020 Accepted: 15-06-2021 Available Online: 30-01-2023	**How to cite this article:** Motevalian, S.F., Abedy, B., Selahvarzi, Y., & Tehranifar, A. (2023). Investigation of the Effect of Tree Trunk Girdling Time on Severity of Splitting and Quantitative and Qualitative Characteristics of Two Pomegranate Fruit Cultivars. *Journal of Horticultural Science 36*(4): 735-745. (In Persian with English abstract) **DOI**: 10.22067/jhs.2021.61829.0

Introduction

Major problems of pomegranate production, which is common in almost all of the world's pomegranate growing areas, especially in warm and dry regions, is the splitting of fruit, which is the most damaging to gardeners after pomegranate fruit moth. On the other hand, different studies indicate that girdling affects the quantitative and qualitative characteristics of different fruit trees. In the gird, the trunk skin must be completely removed so that the upper to lower skin relationship is completely cut off. The raw material that is absorbed by the root and rising through the xylem is transformed into a sap in the leaf, and in the return path through the phloem, it hits the barrier and accumulated above the wound site. Due to this process, sugar and plant hormones and starch reach the upper part of the wound girdling in trees for various purposes, such as raising the percentage of fruition of the plant, increasing size and increasing the quality and accelerating the fruition is done.

Material and Methods

An experiment was conducted to investigate the effect of girdling time on quantitative and qualitative properties of two red peel sweet and tart varieties in the Mahdi Shahr city, Semnan province. The girdling was taken at three full bloom days, two months after full bloom and four months after full bloom. To do a girdling, a double-edged knife was plunged into the trunk, and the ring-like cutting was done around the trunk. So that the layer of bark was cut from the trunk with a diameter of less than 2 to 3 mm continuously and separated from the trunk completely, so that the relationship between the top and the bottom was cut off. To evaluate qualitative and quantitative traits, 3 fruits were selected from the northern, southern and middle parts of each tree and transferred to the laboratory for measuring morphological and physiological traits. Physiochemical traits including pH, titratable acidity content, total soluble solids and morphological traits including weight, volume, average weight of 100 aryls and percentage of fruit juice, Ariel seed weight percentage, and split percentage were investigated.

Results and Discussion

The results indicated that girdling at full bloom and two months after full bloom significantly reduced the percentage of fruit blooming in both cultivars compared to the control (non-girdling) treatment. Also, among the studied cultivars, percentage of splitting in red peel was higher than that of sour-sweet. In addition, girdling at full bloom and four months after bloom was able to increase weight, volume, and average weight of 100 aryls. Among two studied cultivars, sour-sweet showed higher soluble solids content and titratable acid percentage than red peel. It can be stated that photosynthetic materials in the crown of the tree are blocked by conducting a loop on the branch of the plant and prevent the transfer of these materials to the root. This allows the carbohydrates from photosynthesis to be transferred to fruits that are growing. As a result, the fruit grows more and subsequently increases its weight, volume, and number of aryls. In addition, the growth of root is reduced as

1, 2, 3 and 4- M.Sc. Student, Assistant Professors and Professor in Horticulture, Department of Horticultural Science and Landscape Architecture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran, respectively.
(*- Corresponding Author Email: Abedy@um.ac.ir)

a result of girdling and water, mineral salts, as well as growth regulators to the canopy and terminal meristem of the plant are slowed down, thereby significantly decreasing vegetative growth to be seen in the tree. Subsequently, with decreasing vegetative growth in the tree, the carbohydrate which is produced in the leaves is allocated to the growing fruits. This also increases the weight and volume of fruit in the tree. Since the girdling treatments are associated with meiosis (in full blooming stage) and in the stage of the growing of fruits cells (4 months after full bloom), it can be justified to enhancement of the weight and reduction of splitting percentage in the fruits of trees which is girdled. The main reason for this difference is the tension entered into the girdled trees at the interval between the application of the treatment and the wound healing.

Conclusion

According to the results of this study, it was found that the process of girdling results in weight and volume enhancement of the fruit. In addition, the quantitative and qualitative traits investigated in the experiment were different in the two cultivars of red peel sweet and sour-sweet. In addition, girdling was effective on the pomegranate splitting, which is one of the important issues in the plantation of this fruit. However, the timing of the girdling at the full bloom and the four months after full blooming had the greatest effect on reduction of the severity of this complication.

Keywords: Pomegranate, Splitting, Trunk girdling



نشریه علوم باغبانی
https://jhs.um.ac.ir

مقاله پژوهشی

جلد ۳۶، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۱، ص.۷۴۵-۷۳۵

بررسی تاثیر زمان حلقه‌برداری تنه درخت بر شدت عارضه ترکیدگی و ویژگی‌های کمی و کیفی میوه‌ی دو رقم انار

سیده فاطمه متولیان[1]- بهرام عابدی[2]*- یحیی سلاح ورزی[3]- علی تهرانی فر[4]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۱/۱۰
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۳/۲۵

چکیده

از مشکلات عمده تولید انار که تقریباً در تمام مناطق انارکاری دنیا بخصوص در مناطق گرم و خشک شایع است، عارضه ترکیدگی میوه آن می‌باشد که بعد از کرم گلوگاه انار بیشترین خسارت را به باغداران وارد می‌نماید. از سوی دیگر تحقیقات مختلف گویای این واقعیت می‌باشد که حلقه‌برداری بر ویژگی‌های کمی و کیفی میوه درختان مختلف تاثیر دارد؛ بنابراین آزمایشی به منظور بررسی تاثیر زمان حلقه‌برداری بر ویژگی‌های کمی، کیفی و همچنین شدت عارضه ترکیدگی دو رقم 'شیرین پوست قرمز' و 'ملس' در شهرستان مهدی‌شهر استان سمنان انجام پذیرفت. حلقه‌برداری در سه زمان تمام‌گل، دو ماه پس از تمام‌گل و چهار ماه پس از تمام‌گل انجام گرفت. نتایج نشان داد حلقه‌برداری در زمان تمام‌گل و دو ماه پس از تمام‌گل توانست درصد ترکیدگی میوه را در هر دو رقم به طور چشمگیری نسبت به تیمار شاهد (عدم حلقه‌برداری) کاهش دهد. همچنین در بین دو رقم مورد مطالعه درصد ترکیدگی در رقم 'شیرین پوست قرمز' بیشتر از رقم 'ملس' بود. علاوه بر این، حلقه‌برداری در زمان تمام‌گل و چهار ماه پس از تمام‌گل توانست میزان وزن، حجم میوه و میانگین وزن ۱۰۰ آریل را افزایش دهد. از بین دو رقم مورد مطالعه در پژوهش نیز رقم 'ملس' نسبت به رقم 'شیرین پوست‌قرمز' میزان مواد جامد محلول و درصد اسید قابل تیتراسیون بالاتری نشان داد.

واژه‌های کلیدی: رقم شیرین پوست‌قرمز، رقم ملس، مواد جامد محلول، وزن میوه

مقدمه

انار با نام علمی (*Punica granatum* L.) از خانواده انارسانان (Punicaceae) می‌باشد. این گیاه به صورت درخت و درختچه رشد می‌کند (Verreynne *et al*., 2001). به علت بومی بودن انار در منطقه خاورمیانه، بیشترین استقبال، مصرف و در نتیجه سطح زیر کشت آن مربوط به این نواحی می‌باشد (Patile and Karale, 1990). یکی از مشکلات عمده تولید انار که تقریباً در تمام مناطق انارکاری دنیا بخصوص در مناطق گرم و خشک شایع است، عارضه ترکیدگی میوه آن می باشد که بعد از کرم گلوگاه انار بیشترین خسارت را به باغداران وارد می‌نماید (Shikhbayat, 1994). هزاران سال است که کشاورزان برای افزایش تولید محصولات خود از حلقه برداری و روش‌های مشابه آن استفاده می کنند. در حلقه‌برداری، پوست تنه باید به طور کامل برداشته شود به طوری که رابطه پوست بالا با پایین به طور کامل قطع می‌شود. شیره خامی که توسط ریشه جذب می‌شود و از طریق آوند چوبی بالا می‌رود، در برگ به شیره پرورده تبدیل شده و در مسیر برگشت که از طریق آوند آبکش صورت می گیرد به مانع برخورد کرده و در بالای محل زخم انباشته می‌شود. در اثر این فرایند کربوهیدرات‌ها و هورمون‌های گیاهی و نشاسته بیشتری به بخش‌های بالایی زخم می‌رسد (Sheykhbayat, 2006; Varasteh *et al*., 2008). حلقه برداری در درختان به منظورهای مختلف از جمله بالا بردن درصد به میوه نشستن، بزرگ تر شدن اندازه و افزایش کیفیت و تسریع در رسیدن میوه انجام می شود. آزمایشات مختلفی گویای این واقعیتند که حلقه‌برداری بر ویژگی‌های کمی و کیفی میوه درختان

۱، ۲، ۳ و ۴- به‌ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد، استادیاران و استاد گروه علوم باغبانی و مهندسی فضای سبز، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: (Email: Abedy@um.ac.ir
DOI: 10.22067/jhs.2021.61829.0

مختلف تاثیر دارد (Bhujbal and Afshari *et al.*, 2014, Chaudhari, 1993). عواملی از جمله: نوع رقم، دور آبیاری نامنظم و همچنین عدم یکنواختی میزان رطوبت نسبی، بارندگی بی‌موقع، نوع رقم، بادهای شدید، گرم و سوزان و تغییر ناگهانی درجه حرارت عارضه ترکیدگی در میوه را تشدید می‌کند (Shakeri and Akhavi, 2003). شیوه‌های مدیریت برای کاهش ترکیدگی میوه را می‌توان به سه گروه تقسیم کرد: ۱) کاهش رطوبت میوه در مراحل نهایی رسیدن، ۲) کاهش پتانسیل اسمزی میوه در هنگام بارش و ۳) حفاظت از میوه با پوشش‌های آبگریز (Balbontin *et al.*, 2013). عارضه ترکیدگی میوه حتی در سایر محصولات مانند گیلاس، آلو، سیب، گلابی، موز و خرما نیز دیده می‌شود (Formolo *et al.*, 2010). آلان و همکاران (Allan *et al.*, 1993) اثر حلقه‌برداری را روی کیفیت و کمیت میوه هلو بررسی کردند و دریافتند که حلقه‌برداری درختان هلو پیش از سخت شدن هسته میوه، باعث افزایش اندازهٔ میوه و حلقه‌برداری بعد از سخت شدن هسته باعث زودرسی محصول می‌شود و در هر دو مورد میزان قند میوه افزایش می‌یابد. در گیاه انجیر حلقه‌برداری و تنک میوه علاوه بر افزایش کیفیت میوه، نسبت مواد جامد محلول به اسید را بهبود بخشید (Fergusen *et al.*, 2003). علاوه بر این حلقه‌برداری تسریع در رسیدن میوه در گیاه انگور را سبب شد (Harvell and Williams, 2002). آراکاوا و همکاران (Arakawa *et al.*, 1997) با بررسی اثر حلقه‌برداری بر رشد درخت و کیفیت میوه سیب اعلام کردند که حلقه‌برداری باعث افزایش اندازه و کیفیت میوه سیب از طریق افزایش مواد جامد محلول در میوه گردیده و همچنین گل‌دهی در سال آینده را افزایش می‌دهد. فرگوسن و همکاران (Fergusen *et al.*, 2003) نیز نشان دادند حلقه‌برداری درختان انجیر در اوایل خرداد ماه تا اواسط تیرماه باعث افزایش معنی‌دار در مقدار وزن خشک و زودرسی میوه انجیر می‌شود.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در باغ اناری به مساحت هشت هزار مترمربع در شهرستان مهدی‌شهر استان سمنان با درختان ۱۵ ساله و با فاصله ۳×۲ متر انجام گرفت. این آزمایش به صورت اسپلیت‌پلات (زمان حلقه‌برداری به عنوان عامل اصلی و رقم به عنوان عامل فرعی) بر پایه طرح کاملاً تصادفی با استفاده از دو رقم انار 'شیرین پوست قرمز' و 'ملس' در سه تکرار انجام گرفت. تیمار اعمال شده مورد مطالعه در این آزمایش شامل حلقه‌برداری از تنه درخت انار و شاهد (عدم انجام آن) می‌باشد. حلقه‌برداری در سه زمان مختلف شامل: تمام‌گل، دو ماه پس از تمام‌گل و چهار ماه پس از تمام‌گل صورت پذیرفت. برای انجام حلقه‌برداری چاقوی دولبه در پوست تنه فرو برده شد و برشی حلقه‌وار به دور تنه ایجاد گردید، به طوری که لایه پوست به قطر کمتر از ۳ میلی‌متر به طور کامل از تنه جدا شد و رابطه آوندی پوست بالا و پایین قطع گردید. برای ارزیابی صفات کمی و کیفی در تاریخ ۲۵ مهرماه از هر درخت یک میوه برداشت و بلافاصله به آزمایشگاه منتقل گردید. برای اندازه‌گیری صفات کمی و کیفی، سه میوه در هر تکرار مورد استفاده قرار گرفت. همچنین درصد ترکیدگی میوه در زمان برداشت از شمارش میوه‌های دارای ترکیدگی و سالم و اندازه‌گیری نسبت میوه‌های دارای ترکیدگی به کل میوه‌های هر درخت محاسبه گردید. وزن میوه و وزن صددانه به وسیله ترازوی دیجیتالی اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری حجم میوه، استوانه مدرج را تا حجم معینی از آب پر کرده سپس میوه را در داخل آب موجود در استوانه قرار داده و با استفاده از میله نازک شیشه‌ای انار را به آرامی به صورت کامل در استوانه مدرج فرو برده و در این حالت سطح آب موجود در استوانه مدرج را در وضعیت جدید یادداشت کرده و آن را از عدد سطح آب در وضعیت قبلی کم کرده، عدد حاصله برابر حجم انار بر حسب سانتی‌متر مکعب محاسبه می‌شود.

صفات فیزیکوشیمیایی به شرح ذیل مورد بررسی قرار گرفت:

برای اندازه‌گیری مواد جامد محلول از یک دستگاه رفرکتومتر استفاده شد. بدین صورت که پس از صفر کردن دستگاه، چند قطره آب انار صاف شده را در محل موردنظر دستگاه قرار داده و پس از تنظیم دستگاه، عدد موردنظر خوانده و یادداشت شد.

pH: با قرار دادن سنسور pH متر در داخل آب انار رقیق شده (۱:۹) محاسبه گردید.

میزان اسید قابل تیتراسیون: به روش تیتراسیون آب انار رقیق شده (۱:۹) با سود سوزآور ۰/۱ نرمال و با استفاده از فرمول $N_1V_1=N_2V_2$ میزان اسیدیته برحسب گرم اسیدسیتریک در ۱۰۰ سی‌سی عصاره انار طبق فرمول زیر محاسبه گردید.

$$T.A\ (\%) = [(V*N*Meqwt)/y]*100$$

T.A: اسیدیته قابل تیتراسیون، V: میزان سود مصرفی بر حسب میلی‌لیتر، N: نرمالیته سود مصرفی (۰/۱نرمال) ، Meqwt: میلی‌اکی‌والان اسید غالب (در این آزمایش اسیدسیتریک برابر ۰/۰۶۴)، y: میلی‌لیتر حجم عصاره مصرفی.در پایان تجزیه و تحلیل داده‌های بدست آمده از آزمایش با استفاده از نرم‌افزار آماری JMP-8 انجام شد.

نتایج

نتایج بدست آمده از تجزیه واریانس داده‌های مورد مطالعه در آزمایش نشان داد که اثرات ساده زمان حلقه‌برداری بر وزن میوه، حجم میوه و درصد وزن آبمیوه در سطح ۵٪ و بر میانگین وزن ۱۰۰ آریل و درصد ترکیدگی میوه‌ها در سطح ۱٪ معنی‌دار بود. همچنین

صفات وزن میوه، حجم میوه، میانگین وزن ۱۰۰ آریل، مواد جامد محلول میوه و اسید قابل تیتراسیون در میوه در سطح احتمال ۱٪ و صفت درصد ترکیدگی میوه در سطح احتمال ۵٪ تحت تاثیر اثر ساده رقم، معنی‌دار شدند. علاوه بر این، برهم‌کنش زمان حلقه‌برداری و رقم تنها در صفت درصد ترکیدگی میوه‌ها در سطح ۵٪ معنادار شد (جدول ۱).

جدول ۱- تجزیه واریانس اثر زمان حلقه‌برداری و رقم بر صفات مورفولوژیکی و فیزیولوژیک میوه انار

Table 1- The ANOVA results for the effect of girdling time and cultivar on the morphological and physiological traits of pomegranate fruits

منبع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	وزن میوه Fruit weight	حجم میوه Fruit volume	وزن ۱۰۰ آریل 100 aril weight	درصد آبمیوه Fruit juice
زمان حلقه‌برداری Girdling time (GT)	3	9211.4*	10108.4*	95.97**	20.20*
خطای a Error a	8	1552.5	1384	13.08	6.74
رقم Cultivar ©	1	135901.5**	131424**	263.27**	8.89ns
GT×C	3	1608ns	2570.7ns	5.77ns	13.47ns
خطای b Error b	8	1882.8	2570	9.180	4.18
منبع تغییرات S.O.V	**درجه آزادی df**	**مواد جامد محلول TSS**	**اسیدیته میوه pH**	**اسید قابل تیتراسیون TA**	**درصد ترکیدگی Fruit cracking**
زمان حلقه‌برداری Girdling time (GT)	3	0.902ns	0.081ns	0.09ns	23.65**
خطای a Error a	8	0.37	0.02	0.09	5.37
رقم Cultivar (C)	1	16.66**	80.77**	10.06**	8.95*
GT×C	3	0.75ns	0.03ns	0.06ns	9.16*
خطای b Error b	8	0.41	0.029	0.09	1.56

ns عدم معنی‌داری ، * و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

ns: Non-significant, *,**: Significant at 5% and 1% of probability level, respectively.

جدول ۲- اثر ساده رقم انار بر صفات کمی و کیفی مورد بررسی در آزمایش

Table 2- Simple effect of pomegranate cultivar on the quantitative and qualitative traits studied in the experiment

رقم Cultivar	وزن میوه Fruit weight (g)	حجم میوه Fruit volume (cm^3)	وزن ۱۰۰ آریل 100 aril weight (g)	اسیدیته میوه pH	اسید قابل تیتراسیون TA (%)	مواد جامد محلول TSS (°Brix)
'شیرین پوست قرمز'	323.58 a	314.00 a	45.25 a	4.08 a	0.53 b	16.37 b
'ملس'	173.08 b	166.00 b	38.62 b	3.46 b	1.82 a	18.04 a

در هر ستون حروف مشترک از لحاظ آماری با یکدیگر تفاوت معنی‌داری ندارند.

There is no significant different between the same latter in each column

وزن و حجم میوه

نتایج مقایسه میانگین اثر زمان حلقه‌برداری بر وزن میوه نشان داد که بیشترین وزن میوه در تیمارهای حلقه‌برداری در زمان تمام‌گل و چهار ماه پس از تمام‌گل مشاهده شد. کمترین وزن میوه نیز در تیمارهای شاهد و حلقه‌برداری دو ماه پس از تمام‌گل حاصل شد (جدول ۳). بررسی مقایسه میانگین اثر رقم بر وزن میوه انار نیز نشان داد که میانگین وزن میوه رقم 'پوست قرمز' به مقدار ۳۲۳/۵۸ گرم نسبت به رقم 'ملس' با وزن ۱۷۳/۰۸ گرم بیشتر می‌باشد (جدول ۲).

با توجه به تجزیه واریانس داده‌های مرتبط با حجم میوه مشخص گردید که زمان‌های مختلف زمان حلقه برداری بر این صفت تاثیرگذار بود. بدین صورت که بیشترین حجم میوه در تیمار چهارماه پس از تمام گل و پس از آن و بدون اختلاف معنی‌دار در تیمار حلقه برداری در زمان تمام گل مشاهده و ثبت شد (جدول ۳). همچنین حجم میوه نیز در ارقام مختلف مورد بررسی در این پژوهش متفاوت بود. حجم میوه در رقم 'شیرین پوست‌قرمز' تقریبا دو برابر رقم 'ملس' بود (جدول ۲).

جدول ۳- اثر ساده زمان حلقه‌برداری بر صفات کمی و کیفی میوه ارقام انار مورد بررسی در آزمایش

Table 3- Simple effect of girdling time on fruit quantitative and qualitative traits of pomegranate cultivars investigated in the experiment

زمان حلقه برداری Girdling time	وزن میوه Fruit weight (g)	حجم میوه Fruite volume (cm³)	وزن ۱۰۰ آریل 100 aril weight (g)	درصد آبمیوه Fruit juice (%)
شاهد Control	210.33 b	206.66 b	37.70 b	61.07 b
تمام‌گل Full bloom	279.50 a	268.00 ab	45.02 a	66.07 a
دو ماه پس از تمام‌گل 2 months after full bloom	218.83 b	204.00 b	39.36 b	59.93 b
چهارماه پس از تمام‌گل 4 months after full bloom	284.66 a	281.33 a	45.66 a	62.43 ab

در هر ستون حروف مشترک از لحاظ آماری با یکدیگر تفاوت معنی‌داری ندارند.

There is no significant different between the same letter in each column

میانگین وزن ۱۰۰ دانه (آریل) و درصد آبمیوه

میانگین وزن ۱۰۰ دانه (آریل) تحت تاثیر زمان‌های متفاوت حلقه‌برداری قرار گرفت. حلقه‌برداری در دو زمان تمام‌گل و چهارماه پس از تمام‌گل، میانگین وزن ۱۰۰ دانه (آریل) در میوه را نسبت به دو تیمار شاهد (عدم حلقه‌برداری) و حلقه‌برداری در زمان دو ماه پس از تمام‌گل به طور معنی‌داری افزایش داد (جدول ۳). همچنین میانگین وزن ۱۰۰ دانه (آریل) در دو رقم 'ملس' و 'شیرین پوست‌قرمز' متفاوت بود و بیشترین میانگین وزن ۱۰۰ دانه (آریل) در رقم 'شیرین پوست‌قرمز' مشاهده و ثبت شد (جدول ۲). زمان‌های متفاوت حلقه‌برداری در آزمایش بر درصد آبمیوه موثر بود. با توجه به نتایج مشخص گردید که درصد آبمیوه در دو تیمار حلقه‌برداری در دو زمان تمام‌گل و چهارماه پس از تمام‌گل به ترتیب ۶۶/۰۷ و ۶۲/۴۳ درصد ثبت شد. این در حالی است که حلقه‌برداری در زمان دو ماه پس از تمام‌گل و در تیمار شاهد (عدم حلقه‌برداری) منجر به کاهش درصد آبمیوه در میوه انار شد (جدول ۳).

مواد جامد محلول، اسید قابل تیتراسیون و pH میوه

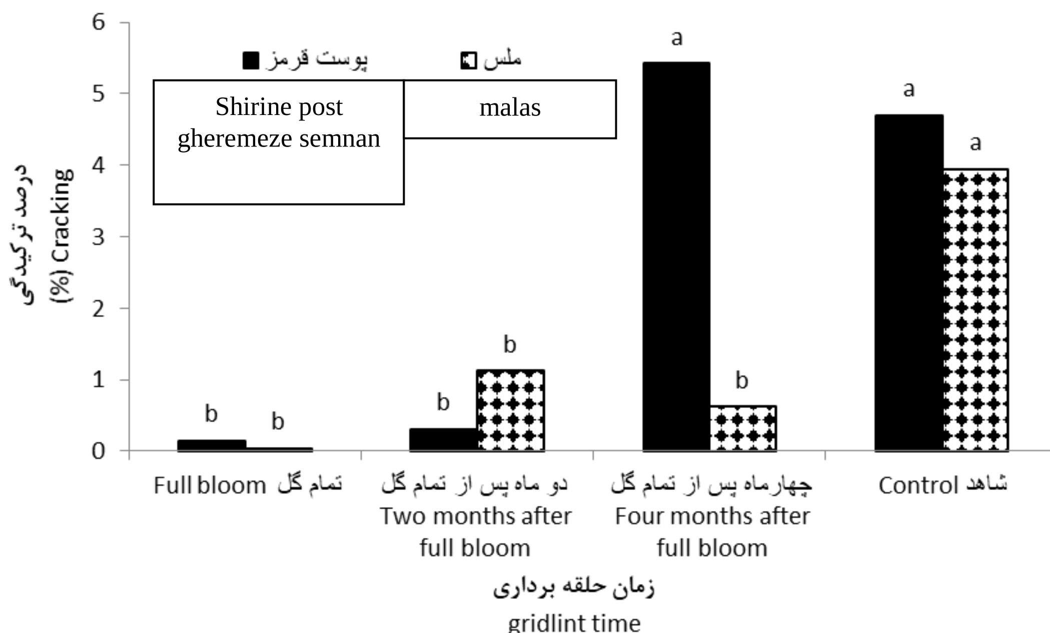
در این مطالعه رقم 'ملس' در مقایسه با رقم 'شیرین پوست‌قرمز' مواد جامد محلول بیشتری را به خود اختصاص داد (جدول ۲). این در حالی‌است که مقدار اسید قابل تیتراسیون در رقم 'شیرین پوست قرمز' نسبت به رقم 'ملس' کم‌تر اما pH میوه بیشتر بود (جدول ۲).

درصد ترکیدگی میوه انار

با توجه به نتایج بدست آمده مشخص گردید که اثر متقابل زمان حلقه‌برداری و رقم بر درصد ترکیدگی میوه انار موثر بود. حلقه‌برداری در دو زمان تمام‌گل و دو ماه پس از تمام‌گل در هر دو رقم موردمطالعه به طور معنی‌داری ترکیدگی میوه را در زمان برداشت کاهش داد. در هر دو رقم 'ملس' و 'شیرین پوست‌قرمز' عدم حلقه‌برداری (تیمار شاهد) درصد ترکیدگی در میوه به شدت افزایش یافت. این نکته نیز قابل ذکر است که درصد ترکیدگی در رقم 'پوست‌قرمز' در تیمار حلقه‌برداری چهار ماه پس از تمام‌گل از لحاظ آماری با تیمار شاهد (عدم حلقه‌برداری) تفاوت معنی‌داری نداشت و درصد بالایی نشان داد. اما همانطور که قبلا ذکر شد، حلقه‌برداری در دو زمان تمام‌گل و دو ماه پس از تمام‌گل در هر دو رقم مورد مطالعه به شدت ترکیدگی میوه را در زمان برداشت کاهش داد (شکل ۱).

بحث

در این پژوهش انجام حلقه‌برداری در دو مرحله تمام‌گل و چهارماه پس از تمام‌گل منجر به افزایش وزن و حجم میوه انار گردید. می‌توان بیان کرد که، در اثر انجام حلقه‌برداری بر شاخه گیاه مواد فتوسنتزی موجود در تاج درخت بلوکه شده و از انتقال این مواد به ریشه گیاه ممانعت می‌شود؛ این امر موجب می‌شود که کربوهیدارت‌های حاصل از فتوسنتز به سمت میوه‌هایی که در حال رشد و نمو هستند، منتقل شوند (Christodoulou *et al.*,1968، Wright 2000 و Zarei and Azizi, 2010)؛ در نتیجه رشد میوه بیشتر و متعاقبا وزن، حجم و تعداد آریل (دانه) در آن افزایش می‌یابد. علاوه بر این، در اثر حلقه‌برداری رشد ریشه گیاه کاهش می‌یابد و انتقال آب، املاح معدنی و همچنین تنظیم‌کننده‌های رشد به سمت تاج درخت و مریستم انتهایی ساقه به کندی صورت می‌گیرد، بدین ترتیب کاهش محسوسی در رشد رویشی درخت دیده می‌شود.



شکل ۱- اثر متقابل زمان حلقه‌برداری در رقم بر درصد ترکیدگی میوه انار

Figure 1- Interaction effect of girdling time×cultivar on percentage of pomegranate fruit cracking

متعاقبا با کاهش رشد رویشی در درخت، کربوهیدارت تولیدی در برگ به میوه‌های در حال رشد اختصاص می‌یابد. این موضوع نیز افزایش وزن و حجم میوه در درخت را سبب می‌گردد (Aguste و2002، Amati et al., 1994، Mata et al., 199 وWright 2000). نتایج سایر محققین نیز نتایج حاصل از این پژوهش را تایید می‌کند. میرسلیمانی و حسینی (Mirsoleymani and Hoseini, 2007) در بررسی اثر حلقه‌برداری درختان لیموترش در داراب نشان دادند که حلقه‌برداری بلافاصله بعد از اتمام ریزش فیزیولوژیک میوه به طور معنی‌داری باعث افزایش وزن میوه می‌گردد. شولمن و همکاران (Simon, 2006) تفاوت وزن میوه‌های مختلف انار در فلسطین اشغالی را به تفاوت آب و هوایی و رقم نسبت دادند. داویس و آلبریگو (Davise and Albrigo, 1994) بیان کردند که وزن زیاد برخی ارقام میوه گریپ‌فروت به دلیل پتانسیل ژنتیکی این ارقام در رشد سریع میوه و افزایش مواد تشکیل‌دهنده میوه می‌باشد. آلان و همکاران (Allan et al., 1993) در بررسی اثر حلقه‌برداری بر میوه هلو در استرالیا نشان دادند که حلقه‌برداری در زمان سخت شدن هسته میوه باعث افزایش اندازه میوه می‌شود. داویس و آلبریگو (Davise and Albrigo, 1994) بیان کردند که وزن زیاد برخی ارقام میوه گریپ‌فروت به دلیل پتانسیل ژنتیکی این ارقام در رشد سریع میوه و افزایش مواد تشکیل‌دهنده میوه می‌باشد. آلان و همکاران (Allan et al., 1993) در بررسی اثر حلقه‌برداری بر میوه هلو در استرالیا نشان دادند که حلقه‌برداری در زمان سخت شدن هسته میوه باعث افزایش اندازه میوه می‌شود. گزلکسی و همکاران (Gozlekci and Kayank, 2000) گزارش نمودند که بین وزن و حجم میوه انار ارتباط نزدیکی وجود دارد و با افزایش وزن، حجم میوه نیز افزایش می‌یابد. میرسلیمانی و حسینی (Mirsoleymani and Hoseini, 2007) در پژوهش خود مبنی بر تاثیر حلقه‌برداری درختان لیموترش بر ویژگی‌های کمی و کیفی میوه نشان دادند حلقه‌برداری بلافاصله بعد از اتمام ریزش فیزیولوژیک میوه به طور معنی‌داری باعث افزایش حجم و قطر میوه، وزن گوشت و وزن پوست میوه و درصد آب آن می‌شود. همتی (Hemati, 2015) بیان داشت که با افزایش وزن و قطر میوه مرکبات از درصد ماده خشک کاسته می‌شود. همچنین داویس و آلبریگو (Davise and Albrigo, 1994) اظهار کردند که با افزایش وزن و حجم میوه مرکبات بر میزان رطوبت آن افزوده می‌شود. در پژوهش صورت گرفته در عمان بر چهار رقم انار ‘Helow’، ‘Qusum’، ‘Malasi’ و ‘Hamedh’ مشخص گردید که حجم میوه در ارقام مختلف مورد مطالعه در طول دوره رشد با یکدیگر اختلاف معنی‌داری دارد (Al-Yahyai et al., 2009). زارعی و عزیزی (Zarei and Azizi, 2010) در ارزیابی خصوصیات ۶ رقم انار نشان دادند بین ارقام مختلف از نظر وزن ۱۰۰ دانه اختلاف معنادار

وجود دارد. افزایش وزن ۱۰۰ دانه همزمان با رشد و نمو میوه در طول فصل رشدی و افزایش اندازه دانه صورت می‌گیرد و در پایان فصل به مقدار ثابتی می‌رسد (Varasteh *et al.*, 2008). تاثیر مثبت حلقه-برداری در مرحله تمام‌گل بر افزایش تشکیل میوه و بهبود کیفیت میوه درختان توسط سایر محققین نیز تایید شده است (Aguste, 2002، Goren *et al.*, 2004 و Mata *et al.*, 1998). ممانعت از انتقال شیره پرورده به دلیل انجام عمل حلقه‌برداری شیرین‌تر شدن میوه در گیاه را سبب می‌شود (Jindal *et al.*, 1982). بهبود کیفیت میوه در اثر انجام عمل حلقه‌برداری در درخت در نتایج سایر محققین نیز دیده شده است (Roberto *et al.*, 2004). درجه pH آب میوه نشان‌دهنده میزان غلظت یون H^+ در آب انار بوده و طعم اسیدی آب میوه را تعیین می‌کند. کام و همکاران (Cam *et al.*, 2009) میزان درجه pH در ۱۰ رقم انار ترکیه را بین ۲/۸۲ و ۳/۸۱ گزارش نمودند. ال‌میمان و احمد (Al-Maiman and Ahmad, 2002) گزارش نمودند که میزان pH در ارقام مختلف با نزدیک شدن به دوره رسیدگی افزایش می‌یابد. زارعی و عزیزی (Zarei and Azizi, 2010) در ارزیابی برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی شش رقم میوه انار ایران در مرحله رسیدن دریافتند بین ارقام مختلف انار از نظر میزان اسید قابل تیتراسیون، تفاوت معنادار وجود دارد. ورین و همکاران (Varennes *et al.*, 2001) در پژوهش روی حلقه‌برداری تابستانه نارنگی 'کلمانتین' یافتند که حلقه‌برداری بر ویژگی‌های کیفی میوه از جمله میزان اسید قابل تیتراسیون تاثیری ندارد. در سایر پژوهش‌های انجام شده نیز عدم تاثیر حلقه‌برداری بر ویژگی‌های کیفی میوه (Aguste, 2002 و Varennes *et al.*, 2001) و از جمله میزان مواد جامد محلول (TSS) ثابت شده است (Mata *et al.*, 1998 و Varennes *et al.*, 2001). همچنین متا و همکاران (Mata *et al.*, 1998) در پژوهش بر روی نارنگی 'پونکن' و ورین و همکاران (Varennes *et al.*, 2001) در بررسی حلقه‌برداری تنه درخت نارنگی 'کلمانتین' متوجه شدند که حلقه‌برداری هیچ تاثیری بر ویژگی‌های کیفی داخلی میوه از جمله مواد جامد محلول ندارد که همسو با نتایج بدست آمده از این آزمایش است. البته برخی پژوهشگران بیان کرده‌اند که انجام حلقه‌برداری با عث افزایش غلظت TSS شده است (Chanana and Beri, 2004). بیشترین درصد ترکیدگی در زمان رشد سریع میوه اتفاق می‌افتد. در این مرحله، عدم رشد کافی پوست و انتقال آب و مواد غذایی به درون میوه باعث افزایش سریع حجم بافت‌های داخلی آن شده و بدین ترتیب ترکیدگی تشدید می‌گردد (Wright, 2000). عوامل متعددی مانند هوای گرم، وراثت، رقم، رشد میوه و شرایط کشت در افزایش عارضه ترکیدگی در انار موثر می‌باشند (Ahmed *et al.*, 2014). عارضه ترکیدگی در ارقام مختلف انار، عارضه فیزیولوژیکی مهمی است (Hepaksoy *et al.*, 2000). در این پژوهش مشخص گردید که ارقام مورد مطالعه از نظر شدت عارضه ترکیدگی با یکدیگر تفاوت معنی‌داری داشتند (Hepaksoy *et al.*, 2000). علاوه بر عوامل محیطی کمبود عناصر ریزمغذی نیز ترک‌خوردگی در میوه را سبب می‌شود (Abuakbar *et al.*, 2013). در مسیر رشد میوه انار تا بلوغ، قطر و ضخامت پوست میوه کاهش می‌یابد. کاهش ضخامت پوست میوه در ابتدای رشد میوه سریعتر و پس از آن از سرعت کاهش ضخامت پوست کاسته می‌شود؛ اما همچنان کاهش ضخامت پوست اتفاق می‌افتد (Gozlekci and Kayank, 2000). در نتیجه با کاهش ضخامت پوست میوه کوچکترین تغییر در شرایط رشدی میوه می‌تواند عارضه ترکیدگی پوست میوه را افزایش دهد. احتمالا انجام عمل حلقه‌برداری با قطع انتقال آب و سایر مواد به ریشه به دلیل قطع رابطه آوندی و افزایش مقدار ترکیبات حاصل از فتوسنتز توانست است عارضه ترکیدگی در میوه را کاهش دهد. بایرز و همکاران (Byers *et al.*, 1990) در بررسی ترکیدگی میوه سیب رقم 'استایمن' با تیمارهای مختلف از جمله حلقه‌برداری تنه درخت سیب در طی فصل تابستان و پاییز یافتند که این تیمار می‌تواند میزان ترکیدگی میوه را به طرز معناداری کاهش دهد. این درحالیست که کرزدورن و ویلتبنک (Krezdorn and Wiltbank, 1968) در حلقه‌برداری سالیانه نارنگی 'اورلاندوتانجلو' طی یک دوره ۸ ساله دریافتند که حلقه‌برداری سبب افزایش درصد ترکیدگی میوه می‌گردد. شاکری و همکاران (Shakeri and Sadat Akhavi, 2003) در پژوهش خود بر مقایسه ارقام انار صادراتی بیان کردند از نظر ترکیدگی میوه بین ارقام مختلف اختلاف معنادار وجود دارد. با توجه به اینکه نمودار رشد انار سیگموئیدی می‌باشد (Gozlekci and Kayank, 2000 و Varasteh *et al.*, 2008) و همچنین از آنجایی که تیمارهای حلقه‌برداری همزمان با تقسیم سلولی (مرحله تمام‌گل) و مرحله بزرگ‌شدن سلول‌های میوه (۴ ماه پس از تمام‌گل) همراه است، می‌توان علت افزایش وزن و کاهش درصد ترکیدگی میوه‌های درختان حلقه‌برداری شده را توجیه نمود. احتمالا دلیل اصلی این تفاوت، تنش واردشده به درختان حلقه‌برداری شده در فاصله زمانی بین اعمال تیمار حلقه‌برداری تا ترمیم زخم بوده است.

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج حاصل از این پژوهش مشخص گردید که عمل حلقه‌برداری در درخت انار، افزایش وزن و حجم میوه را در پی دارد.

علاوه بر این، صفات کمی و کیفی میوه انار بررسی شـده در آزمـایش در دو رقم ʼملس‘ و ʼشیرین پوست‌قرمز‘ سمنان با یکـدیگر متفـاوت بود. همچنین انجام حلقه‌برداری بر عارضه ترکیدگی میوه انار که یکی از چالش‌های قابل توجه در کشت این میوه است، موثر واقع شد. البته زمان حلقه‌برداری در مرحله تمام‌گـل و چهـار مـاه پـس از تمـام‌گـل بیشترین تاثیر را در کاهش شدت این عارضه داشت. بـا انجـام عمـل حلقه‌برداری، مواد فتوسنتزی از جملـه کربوهیـدارت‌هـا و سـایر مـواد تولیدی در شاخه حلقه‌برداری شده باقی مانده و تجمـع مـی‌یابـد و در نتیجه آن، این مواد در رشد و نمو میوه استفاده می‌شود. این، می‌توانـد تاثیر مثبت حلقه‌برداری را در بهبود صفات کمی و کیفی میـوه توجیـه نماید.

منابع

1. Abubakar, A.R., Ashraf, N., & Ashraf, M. (2013). Effect of plant biostimulants on fruit cracking and quality attributes of pomegranate cv. Kandharikabuli. *Scientific Research and Essays 8*(44): 2171-2175. https://doi.org/10.5897/SRE2013.5702.
2. Afshari, H., Sajedi, S., & Hokmabadi, H. (2014). Effect of gibberllic acid and girdling on pomological characteristics of fruit in grape cv. Akgari. *Journal of Horticulture Science 28*(2): 269-276. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22067/jhorts4.v0i0.22182.
3. Agusti, M., Martinez-Fuentes, A., & Mesejo, C. (2002). Citrus fruit quality. Physiological basis and techniques of improvement. *Agrosienta* 2: 1-16.
4. Ahmed, F.F., Mohamed, M.M., Abou El-Khashab, A.M.A., & Aeed, S.H.A. (2014). Controlling fruit splitting and improving productivity of Manfalouty pomegranate trees by using salicylic acid and some nutrients. *World Rural Observations 6*(1): 87-93.
5. Akbarpour, V., Hemmati, K., & Sharifani, M. (2009). Physical and chemical properties of pomegranate (*Punica granatum* L.) fruit in maturation stage. *American-Eurasian Journal Agricultural and Environmental Science* 6: 411-416.
6. Allan, P., George, A.P., Nissen, R.J., & Rasmussen, T.S. (1993). Effects of girdling time on growth, yield and fruit maturity of the low chill peach cultivar Flordaprince. *Australian Journal of Experimental Agricultur* 33: 781-785. http://doi.org/10.1071/EA9930781.
7. Al-Maiman, S.A., & Ahmad, D. (2002). Changes in physical and chemical properties during pomegranate (*Punica granatum* L.) fruit maturation. *Food Chemistry* 76: 437-441.
8. Al-Yahyai, R., Al-Said, F., & Opara, L. (2009). Fruit growth characteristics of four pomegranate cultivars from northern Oman. *Agricultural and Biological Sciences* 64: 335-341. http://doi.org/10.1051/fruits/2009029.
9. Amati, A., Marangoni B., Zironi R., Castellari, M., & Arfelli, G. (1994). Differentiated grape harvesting. The effects of cluster thinning on vine physiology. (IIIrd) Rivista. *di Vitic. di Enolo 47*(3): 3-12.
10. Arakawa, O., Kanno, K., Kanetsuka, A., Shiozaki, Y., & Barritt, B.H. (1997). Effects of girdling and bark inversion on tree growth and fruit quality of apple. *Acta Horticulturae* 451: 579-585. https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1997.451.67.
11. Arnal, L., & Del Rio, M.A. (2004). Quality of persimmon fruit ‘Rojo Brillante’ during storage at different temperatures. *Spanish Journal of Agricultural Research* 2: 243-247. http://doi.org/10.5424/sjar/2004022-78.
12. Balbontin, C., Ayala, H., Bastías, R.M., Tapia, G., Ellena, M., Torres, C., Yuri, J.A., J Quero-García, A., Rios, J.C., & Silva, H. (2013). Cracking in sweet cherries: A comprehensive review from a physiological, molecular, and genomic perspective. *Chilean Journal of Agriculture Research 73*(1): 66-72. https://doi.org/10.4067/S0718%2D58392013000100010.
13. Bhujbal, B.G., & Chaudhari, K.G. (1993). Yield and quality of ‘Thompson Seedless’ grape (*Vitis vinifera* L.) as influenced by girdling and gibberellins. *Journal of Maharashtra Agricultural Universities 4*(2): 108-112.
14. Byers, R.E., Carbaugh, D.H., & Presley, C.N. (1990). ‘Stayman' fruit cracking as affected by surfactants, plant growth regulators, and other chemicals. *Journal of the American Society for Horticultural Science 115*(3): 405-411.
15. Cam, M., Hisil, Y., & Durmaz, D. (2009). Characteristion of pomegranate juices from ten cultivars grown in Turkey. *International Journal of Food Properties* 12: 388-395. https://doi.org/10.1080/10942910701813917.

16. Chanana, Y.R., & Beri, S. (2004). Studies on the improvement of fruit quality of subtropical through girdling and thinning. *Acta Horticulturae* 662: 1150-1157. https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2004.662.51.
17. Christodouloum, A.J., Weaver, R.J., & Pool, R.M. (1968). Relation of girdling and gibberellin treatment to fruit set, berry development and cluster compactness in Vitis vinifera grapes. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 92: 301-310. https://doi.org/10.1016/0304-4238(77)90028-0.
18. Davise, F.S., & Albrigo, L.G. (1994). *Citrus*. CAB. International, pp: 11-37.
19. Fageria, M.S., Dhaka, R.S., & Chaudhary, N.L. (1998). *Determination of maturity standards of dates*. Pp. 426-432. Proceeding of First International Conference on Date Palms, 8-10 March. Al-Ain, United Arab Emirates.
20. Ferguson, L., Mariscal, M., Reyes, H., Metheney, P., & Herman, K. (2003). Using trunk girdling to improve 'Black Mission' fig size. *Acta Horticulturae* 605: 167-169. https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2003.605.25.
21. Formolo, R., Rufato, L., Kretzschmar, A.A., Schlemper, C., Mendes, M., Marcon Filho, J.L., & Lima, A.P. (2010). Gibberellic acid and cluster thinning on seedless grape 'BRS Clara' in Caxias do Sul, Rio Grandedo Sul state, Brazil. *Acta Horticulturae* 884: 467-471. https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2010.884.59.
22. Gharah Shikhbayat, R. (1994). *Investigation of several chemical material and irrigation period in prevention of pomegranate cracking in Malas-e-Torsh cultivar*. MSc Thesis. Tarbiat Modares University. Tehran, Iran.
23. Gharh Sheykhbayat, R. (2006). Anatomical study of fruit cracking in pomegranate cv. Malas-e- Torsh. *Journal of Research and Construction in Agriculture and Horticulture* 69: 10-14.
24. Goren, R., Hubernam, M., & Goldschmidt, E.E. (2004). Girdling: Physiological and horticultural aspects. *Horticultural Reviews* 30: 1-35.
25. Gozlekci, S., & Kayank, L. (2000). Physical and chemical changes during fruit development and flowering in pomegranate (*Punica granatum* L.) cultivar 'Hacaznar' grown in Antalya region. *Ciheam-Options Mediteraians* 42: 79-85.
26. Harvell, D.C., & Williams, L.E. (2002). Effect of trunk girdling and GA_3 application on leaf net CO_2 assimilation rate of two seedless grape. *Plant Physiology Supplement* 77: 4-61.
27. Hemati, Kh. (2015). *Effect of Climatic Conditions and Time of Fruit Harvesting on Quantity and Quality of Flavonoids in Different Citrus Cultivars*. PhD thesis. Faculty Agriculture. Tarbiat Modares University. 132pp.
28. Hepaksoy, S., Aksoy, U., Can, H.Z., & Ui, M.A. (2000). Determination of relationship between fruit cracking and some physiological responses, leaf characteristics and nutritional status of some pomegranate varieties. Série A. *Séminaires Méditerranéens* 42: 81-86.
29. Jedlow, L.K., & Schrader, L.E. (2005). *Fruit cracking and splitting. Producing Premium Cherries*. Pacific Northwest Fruit School Cherry Shortcourse Proceedings, Chapter 10. pp: 65-66.
30. Jindal, P.C., Dhwan, S.S., & Chauhan, K.S. (1982). Effect of girdling alone and in combination with boric acid on berry set, berry drop, yield and quality of grapes. *Vitis* 72: 412-418.
31. Krezdorn, A.H., & Wiltbank, W.J. (1968). Annual girdling of '*Orlando Tangelo*' over an eight year period. *Proc. Fla. State Hort. Soc*. 81: 29-35.
32. Mataa, M., Tominaga, S., & Kozaki, I. (1998). The effect of time of girdling on carbohydrate contents and fruiting in 'Ponkan' mandarin (Citrus reticulate Blanco). *Scientia Horticulturae* 73: 203-211.
33. Mirsoleymani, A., & Hoseini, A. (2007). Effect of girdling of lime trees [*Citrus aurantifolia* (Christm.) Swingle] on fruit quality and quantity. *Pajouhesh & Sazandegi* 76: 11-15. (In Persian with English abstract)
34. Patil, A.V., & Karale, A.R. (1990). *Pomegranate. In: Fruits: Tropical and Subtropical*, T.K. Bose, and S.K. Mitra, eds. Calcutta, India: Naya Prakash p. 616–637.
35. Roberto, S.R., Yamashita, F., Kanai, H.T., Yano, M.Y., Macente, E.S., & Genta W. (2004). Cluster maturation of 'Ruby' table grape girdled at different periods. *Revista Brasileria de Fruticultura 26*(1): 180-182.
36. Rouhi, V., & Esmaeilzadeh, A. (2013). Effect of gibberellin concentrations and spraying time on cracking of pomegranate fruit (*Punica granatum* L.) cv. 'Malas Esfahan". *Journal of Horticultural Science 27*(3): 310-317. (In Persian with English abstract)
37. Shakeri, M., & Sadat Akhavi, Y. (2003). *Pests and diseases of pomegranates*. Tasbih Publications of Yazd. 126 Pp.

38. Shakeri, M., Jahani, M., & Vazifeshenas, K.R. (2011). *Comparison of exported pomegranate cultivars for crown worm infection, fruit burst and sunburn*, Proceedings of National Pomegranate Conference. Ferdows. Ferdows Pomegranate Research Center.
39. Shulman, Y., Fainbertein, L., & Lavee S. (1984). Pomegranate fruit development and maturation. *Journal of Horticultural Science* 48: 293-296.
40. Simon, G. (2006). Review on rain induced fruit cracking of sweet cherries (*Prunus avium* L.), its causes and possibilities of prevention. *International Journal of Horticultural Science* 12: 27-35. http://doi.org/10.31421/IJHS/12/3/654.
41. Varasteh, F., Arzani, K., & Zamani, Z.A. (2009). An Investigation on the physicochemical seasonal changes of pomegranate (*Punica granatum* L.) fruit cv. Malas-e-Torsh-e-Saveh'. *Iranian Journal and Horticultural Science 39*(1): 29-37. (In Persian with English abstract). https://dor.net/dor/20.1001.1.2008482.1387.39.1.4.4.
42. Varasteh, F., Arzani, K., Tabatabaei, S.Z., & Zamani, Z. (2008). Physico-chemical seasonal changes of pomegranate (Punica granatum L.E) fruit 'Malas-e-Torsh-e-Saveh' in Iran. *Acta Horticulturae* 769: 255-258. http://doi.org/10.17660/ActaHortic.2008.769.36.
43. Verreynne, J.S., Rabe, E., & Theron, K. I. (2001). The effect of combined deficit and summer trunk girdling on the internal fruit quality of 'Marisol' clementine. *Scientia Horticulture* 91: 25-37. https://doi.org/10.1016/S0304-4238(01)00233-3.
44. Williams, L.E., & Ayars, J.E. (2005). Water use of 'Thompson Seedless' grapevines as affected by the application of gibbrellic acid (GA3) and trunk girdling –practices to increase berry size. *Agricultural and Forest Meteorology* 129: 85-94. https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2004.11.007.
45. Wright, G.C. (2000). *Girdling 'Fairchild' mandarins and 'Lisbon' lemons to improve fruit size*. University of Arizona, College of Agriculture and Life Sciences, Publications, Tucson, Arizona.
46. Zarei, M., & Azizi, M. (2010). Evaluation of some physicochemical characteristics of six Iranian pomegranate (*Punica granatum* L.) cultivars fruit at ripening stage, *Journal of Horticultural Science 24*(2): 175-183. https://doi.org/10.22067/jhorts4.v1389i2.7995.